

# М'язи I

Понад 600 скелетних м'язів становлять приблизно половину маси людського тіла. Разом з кістками ці м'язи забезпечують людину життєвою силою, що дає їй змогу рухатись. Скелетні м'язи переважно прикріплені до однієї кістки, перекинуті через суглоб і прикріплені до іншої кістки. Скорочуючись, м'яз може рухати одну кістку, тоді як інша кістка залишається фіксованою. Прикріплення м'яза до більш фіксованої кістки є початком його прикріплення, а до більш рухомої кістки – кінцем прикріплення. Багато м'язів мають декілька точок початкового і кінцевого прикріплення.

## ПОВЕРХНЕВІ І ГЛИБОКІ М'ЯЗИ

Шари скелетних м'язів накладаються один на один у складному порядку. М'язи, що розташовані під шкірою та підшкірною жировою клітковиною, називають поверхневими (права частина малюнка). Під ними залягають глибокі м'язи. М'язи стінки живота утворюють три шари; пучки кожного розходяться у різних напрямках. Це забезпечує створення міцного каркасу, що доволі легко пристосовується до змін об'єму порожнини живота.



Долонні міжкісткові м'язи

Клубово-поперековий м'яз

Гребінний м'яз

Короткий привідний м'яз

Довгий привідний м'яз

Тонкий м'яз

м'яз великого пальця

Червоподібні м'язи

Відвідний м'яз мізинця

Чотириголовий м'яз стегна

Латеральний широкий м'яз

Кравецький м'яз

Медіальний широкий м'яз

Довгий малогомілковий м'яз

Передній великогомілковий м'яз

Литковий м'яз

Камбалоподібний м'яз

Короткий малогомілковий м'яз

Довгий м'яз-згинач пальців

Довгий м'яз-розгинач великого пальця

Сухожилок третього малогомілкового м'яза

Удержувач (зв'язкова смуга)

Сухожилок переднього великогомілкового м'яза

Сухожилок довгого м'яза-розгинач великого пальця

Відвідний м'яз великого пальця

Сухожилки довгого м'яза-розгинач пальців

### Сухожилки м'язів

Кінці м'яза переважно переходять у міцний сполучнотканинний утвір – сухожилок, яким м'яз прикріплюється до кісток. Його будова досить складна. Навколо сухожилка у деяких м'язів (на кисті та стопі) розташована його обгортка, утворена зовнішнім волокнистим та внутрішнім синовіальним листками, між якими є невелика кількість синовіальної рідини. Це захищає м'язи від фізичних перевантажень.

Сухожилки поверхневого м'яза-згинача пальців (відтяті)

Привідний м'яз великого пальця

Сухожилки глибокого м'яза-згинача пальців

Короткий м'яз-згинач великого пальця

Протиставний м'яз великого пальця

Короткий відвідний м'яз великого пальця

Сухожилок довгого долонного м'яза

Короткий м'яз-розгинач великого пальця

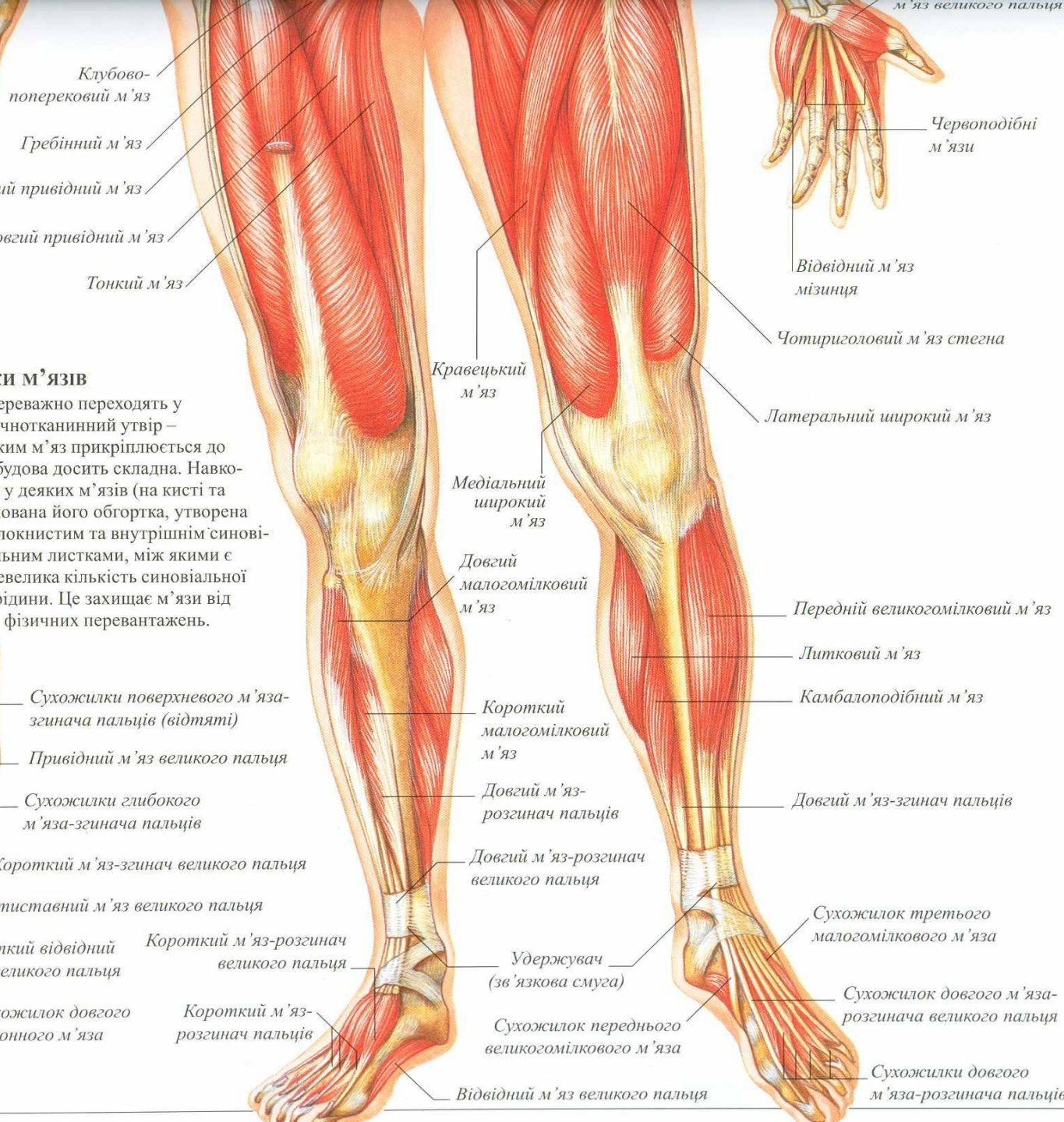
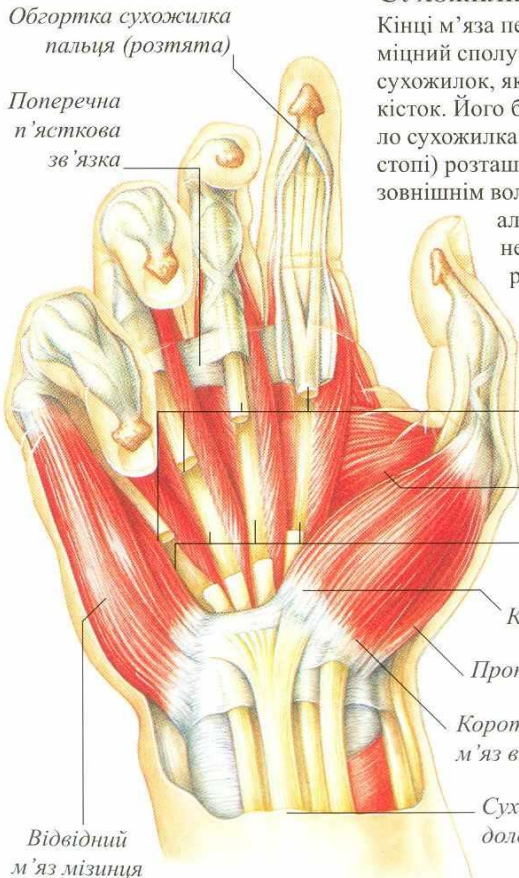
Короткий м'яз-розгинач пальців

Сухожилки довгого м'яза-розгинач пальців

Обгортка сухожилка пальця (розтята)

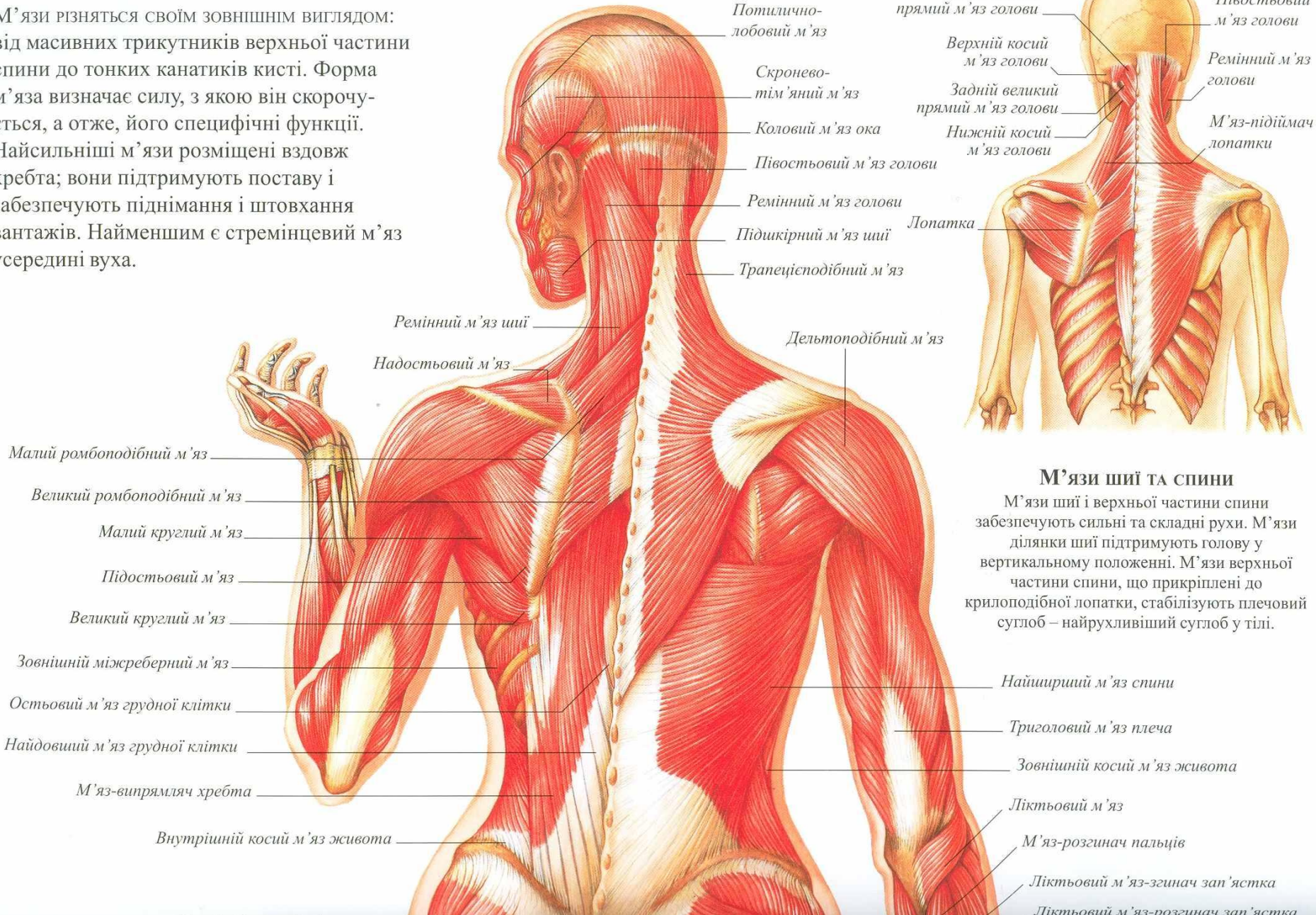
Поперечна п'ясткова зв'язка

Відвідний м'яз мізинця



# М'язи II

М'язи різняться своїм зовнішнім виглядом: від масивних трикутників верхньої частини спини до тонких канатиків кисті. Форма м'яза визначає силу, з якою він скорочується, а отже, його специфічні функції. Найсильніші м'язи розміщені вздовж хребта; вони підтримують поставу і забезпечують піднімання і штовхання вантажів. Найменшим є стремінцевий м'яз усередині вуха.

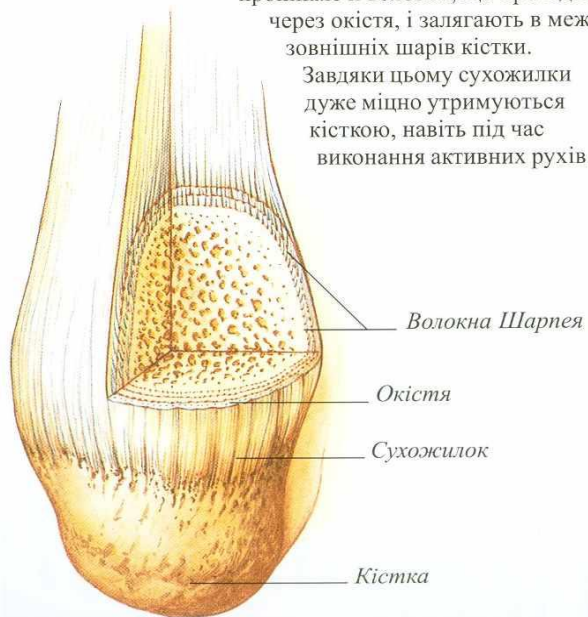


Грушоподібний м'яз  
 Верхній близнюковий м'яз  
 Внутрішній затульний м'яз  
 Нижній близнюковий м'яз  
 Квадратовий м'яз стегна  
 Великий привідний м'яз  
 Тонкий м'яз  
 Латеральний широкий м'яз  
 Півперетинчастий м'яз  
 Двоголовий м'яз стегна  
 (коротка головка)

### КІСТКОВО-СУХОЖИЛКОВІ СПОЛУЧЕННЯ

Сухожилки міцно з'єднані з кістками за допомогою волокон Шарпея, які є продовженням колагенових волокон сухожилка. Вони відомі також як проникаючі волокна, що проходять через окістя, і залягають в межах зовнішніх шарів кістки.

Завдяки цьому сухожилки дуже міцно утримуються кісткою, навіть під час виконання активних рухів.



Великий  
сідничний м'яз

Підошовний м'яз

Підколінний м'яз

Довгий  
малогомілковий м'яз

Короткий  
малогомілковий м'яз

Задній  
великогомілковий м'яз

Довгий м'яз-згинач  
пальців

Довгий м'яз-згинач  
великого пальця

Відвідний м'яз мізинця

Удержувач  
(зв'язкова смуга)

Тильні  
міжкісткові м'язи

Пальцеві апоневрози

Клубово-великогомілковий тракт

Двоголовий м'яз стегна

Півсухожилковий м'яз

Зв'язка наклінка

Півперетинчастий м'яз

Литковий м'яз

Камбалоподібний м'яз

Довгий малогомілковий м'яз

Довгий м'яз-розгинач пальців

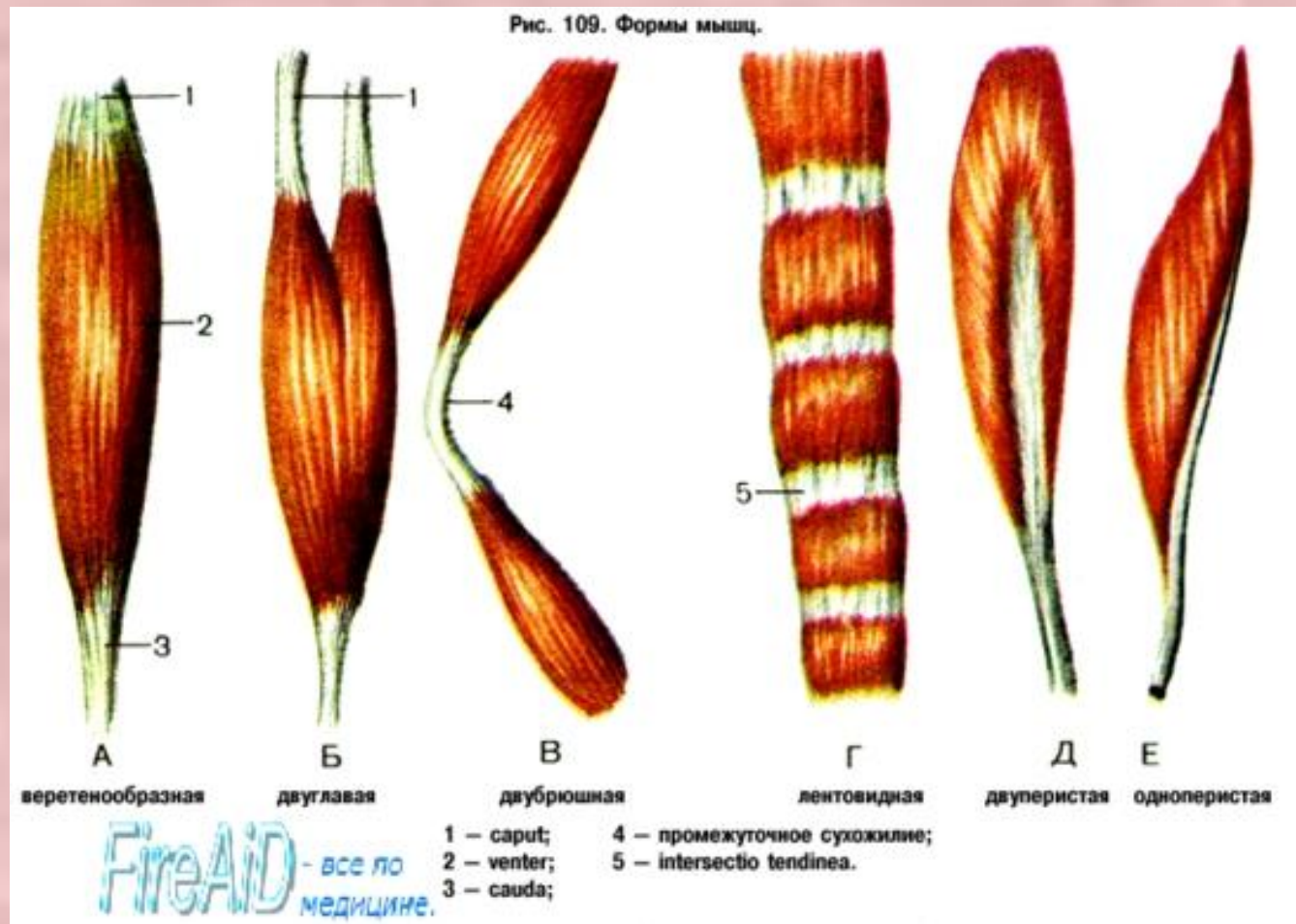
Ахіллів сухожилок

Удержувач

Короткий малогомілковий м'яз

Короткий м'яз-розгинач пальців

# ФОРМЫ МЫШЦ

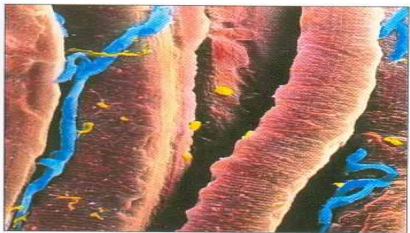


# БУДОВА І СКОРОЧЕННЯ М'ЯЗІВ

Скелетні м'язи завдяки своїй будові скорочуються від стимуляції нервовими імпульсами, тягнучи частину скелета у напрямку скорочення. Через те, що м'язи можуть тільки тягнути, а не штовхати, вони розміщені на протилежних поверхнях частин скелета. Тому рух, спричинений однією групою м'язів, можна завжди нейтралізувати протилежною їй групою м'язів.

## БУДОВА М'ЯЗА

Скелетні м'язи складаються з тісно укладених груп довгастих клітин – м'язових волокон, що утримуються разом за допомогою фіброзної сполучної тканини. Численні капіляри пронизують сполучну тканину забезпечуючи надходження великої кількості кисню і глюкози, що потрібні для скорочення м'язів.



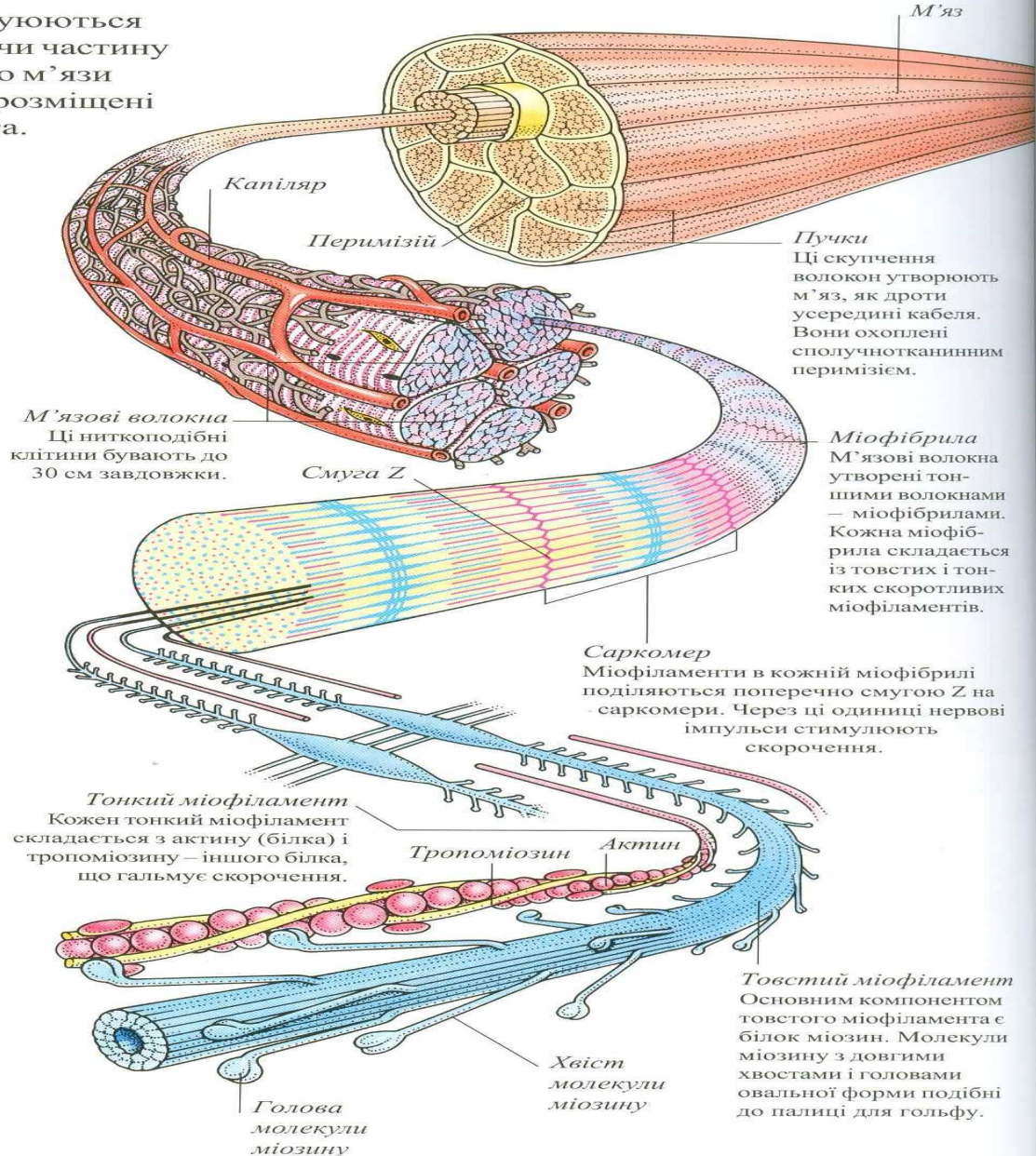
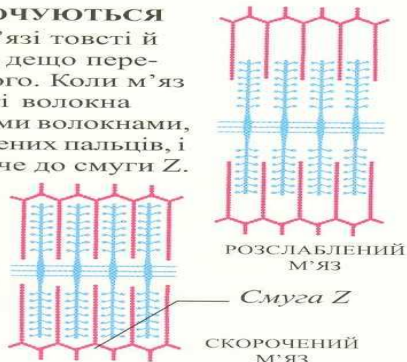
SEM x 1300

### Поперечно-смугастий м'яз

Чергування товстих і тонких міофіламентів надає волокнам скелетних м'язів смугастості. Тонкі тубулярні структури – це капіляри (позначені синім).

### Як м'язи скорочуються

У розслабленому м'язі товсті й тонкі міофіламенти дещо перекривають один одного. Коли м'яз скорочується, товсті волокна ковзають між тонкими волокнами, подібно до переплетених пальців, і притягуються ближче до смуги Z. Вкорочуються і міофібрили, і м'язові волокна. Чим більше вкорочених м'язових волокон, тим більшим є загальне скорочення м'яза.



**Пучки**  
Ці скупчення волокон утворюють м'яз, як дроти усередині кабеля. Вони охоплені сполучнотканинним перимізием.

**М'язові волокна**  
Ці ниткоподібні клітини бувають до 30 см завдовжки.

**Міофібрила**  
М'язові волокна утворені тонкими волокнами – міофібрилами. Кожна міофібрила складається із товстих і тонких скоротливих міофіламентів.

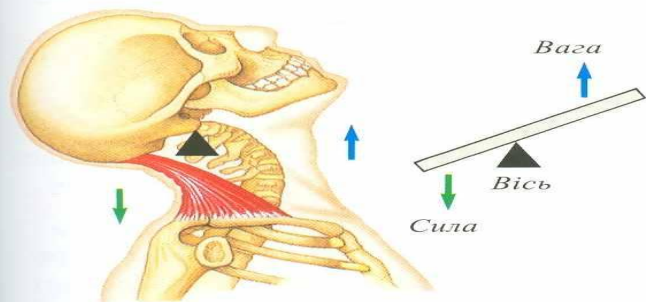
**Саркомер**  
Міофіламенти в кожній міофібрилі поділяються поперечно смугою Z на саркомери. Через ці одиниці нервові імпульси стимулюють скорочення.

**Тонкий міофіламент**  
Кожен тонкий міофіламент складається з актину (білка) і тропоміозину – іншого білка, що гальмує скорочення.

**Товстий міофіламент**  
Основним компонентом товстого міофіламента є білок міозин. Молекули міозину з довгими хвостами і головками овальної форми подібні до палиці для гольфу.

## СИСТЕМА ВАЖЕЛІВ

Більшість рухів у тілі відбуваються за законами механіки, згідно з якими сила, прикладена до одного плеча важеля, передається через вісь обертання на інше плече важеля. М'язи розвивають силу, кістки служать важелями, а суглоби – осями руху частин тіла.



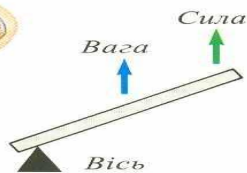
### Важіль першого типу

Важіль першого типу працює за принципом гойдалки, де вісь розміщена між точками прикладання сили і ваги. Прикладом є дія м'язів задньої ділянки шиї, завдяки якій можна закидати голову назад. Атлanto-потилічний суглоб служить при цьому віссю обертання.



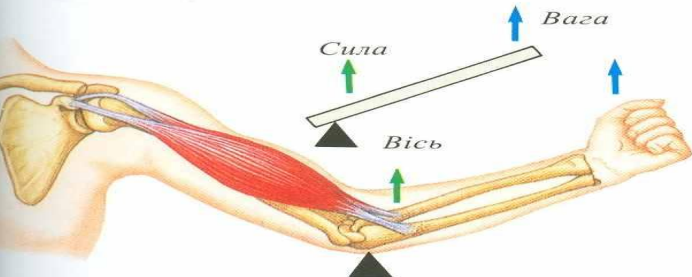
### Важіль другого типу

У важелі другого типу вага діє між точкою прикладання сили і віссю. Підіймання п'яти над землею є прикладом цього типу системи. М'язи литки розвивають силу для підіймання тіла, більша частина стопи утворює важіль, а плесно-фалангові суглоби служать віссю.



### Важіль третього типу

У важелі третього типу (найпоширенішому) сила прикладається між точкою дії ваги і віссю обертання. Прикладом є згинання в лікті при скороченні біцепса з метою підіймання передпліччя і кисті.



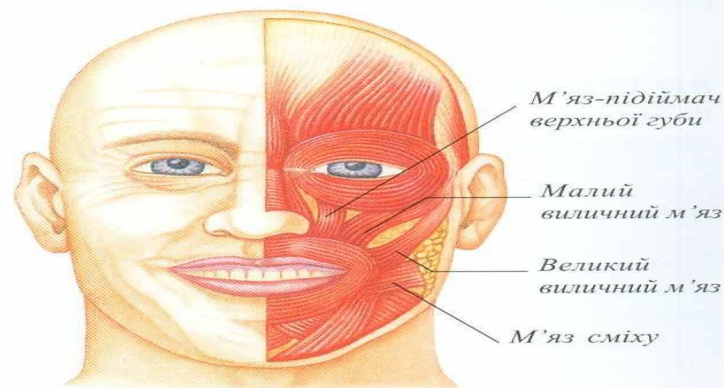
### М'язи співпрацюють

Щоб відвести руку від тулуба, передні та задні волокна дельтоподібного м'яза взаємно зрівноважують свою дію, тоді як середні волокна виконують основну функцію. М'яз, що виконує роботу, зветься агоністом, а м'яз протилежної дії, що в цей час розслаблюється, антагоністом. Стабілізуючі м'язи відіграють важливу роль у координації м'язової діяльності.



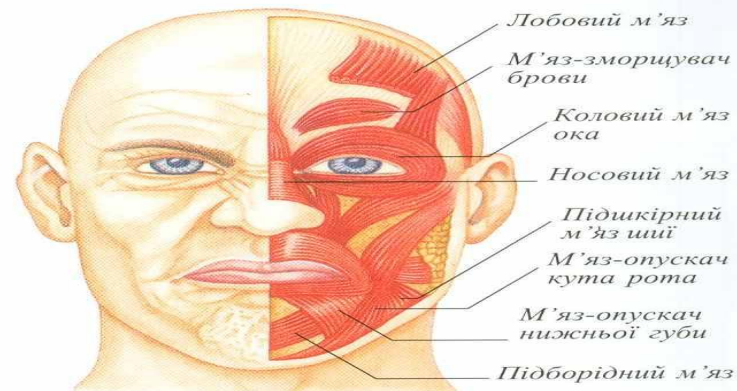
## ВИРАЗ ОБЛИЧЧЯ

Для людей та інших приматів зміни виразу обличчя є важливим засобом спілкування. Мускулатура, що забезпечує міміку, дуже складна і дає змогу відтворювати тонкі нюанси виразу обличчя. Мімічні м'язи прикріплені до шкіри, тому навіть легке їх скорочення спричиняє зміщення окремих ділянок шкіри обличчя.



### Усмішка

Усмішка – двозначний вираз, що окрім звичайного задоволення може супроводжувати різноманітні емоції. М'язи підіймають верхню губу, тягнуть кути рота догори і вбоки.



### Незадоволення

Незадоволення може бути виявом різних почуттів, зокрема гніву чи збентеження. Лобовий м'яз і м'яз-зморщувач брови морщать чоло, носові м'язи розширюють ніздрі, коловий м'яз ока звужує очну щілину. Підкирний м'яз шиї і депресори опускають нижню губу і кути рота, підборідний м'яз зморщує підборіддя.

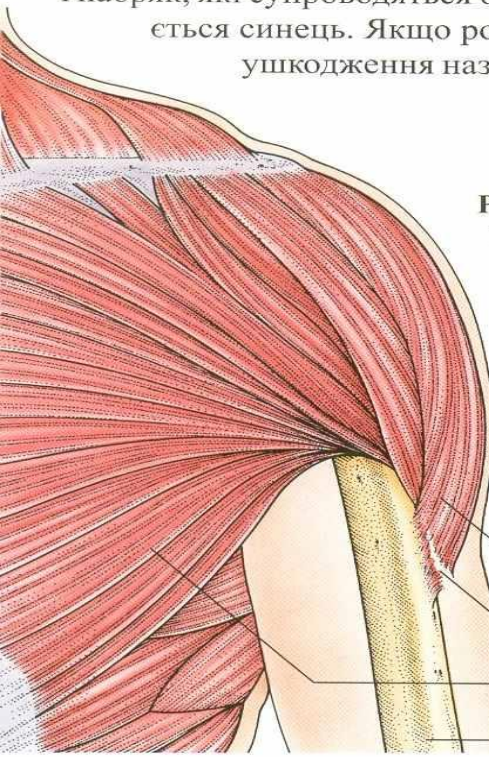
# УШКОДЖЕННЯ ТА ЗАХВОРЮВАННЯ М'ЯЗІВ



М'язи та їхні сухожилки зазвичай ушкоджуються внаслідок перенапруження під час виконання щоденних обов'язків або від різких зусиль під час занять спортом. Деякі захворювання м'язів спричинюють їх слабкість і прогресуючу дегенерацію.

## РОЗТЯГНЕННЯ І РОЗРИВИ М'ЯЗІВ

Розтягнення м'яза є незначним ушкодженням м'язових волокон. Крововилив всередині м'яза зумовлює чутливість і набряк, які супроводяться болучими спазмами. З'являється синець. Якщо розривається багато волокон, ушкодження називається розривом м'яза.



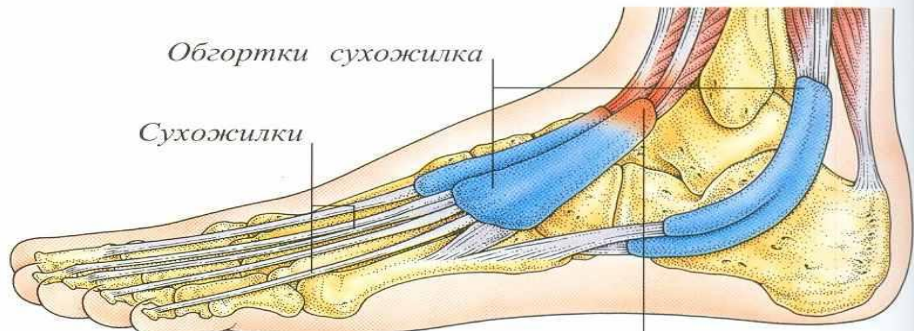
### Розрив м'яза

Розірваний м'яз спричиняє сильний біль і набряк. Поява крововиливу зумовлює утворення згустка крові, який слід усунути за допомогою голкової аспірації чи хірургічного дренажу. Енергійні рухи плеча можуть розірвати дельтоподібний чи великий грудний м'яз.

- Дельтоподібний м'яз
- Розрив м'яза
- Великий грудний м'яз
- Плечова кістка

## ЗАПАЛЕННЯ СУХОЖИЛКА

Запалення сухожилка охоплює власне сухожилок (тендиніт) або внутрішній листок синовіальної обгортки, що охоплює деякі сухожилки (тендовагініт). Тендиніт виникає, якщо енергійний чи повторюваний рух створює надмірне тертя між зовнішньою поверхнею сухожилка і суміжною кісткою. Тендовагініт спричиняється перерозтягненням або тривалими одноманітними рухами.



- Обгортки сухожилка
- Сухожилки
- Запалення

### Запалення сухожилків у стопі

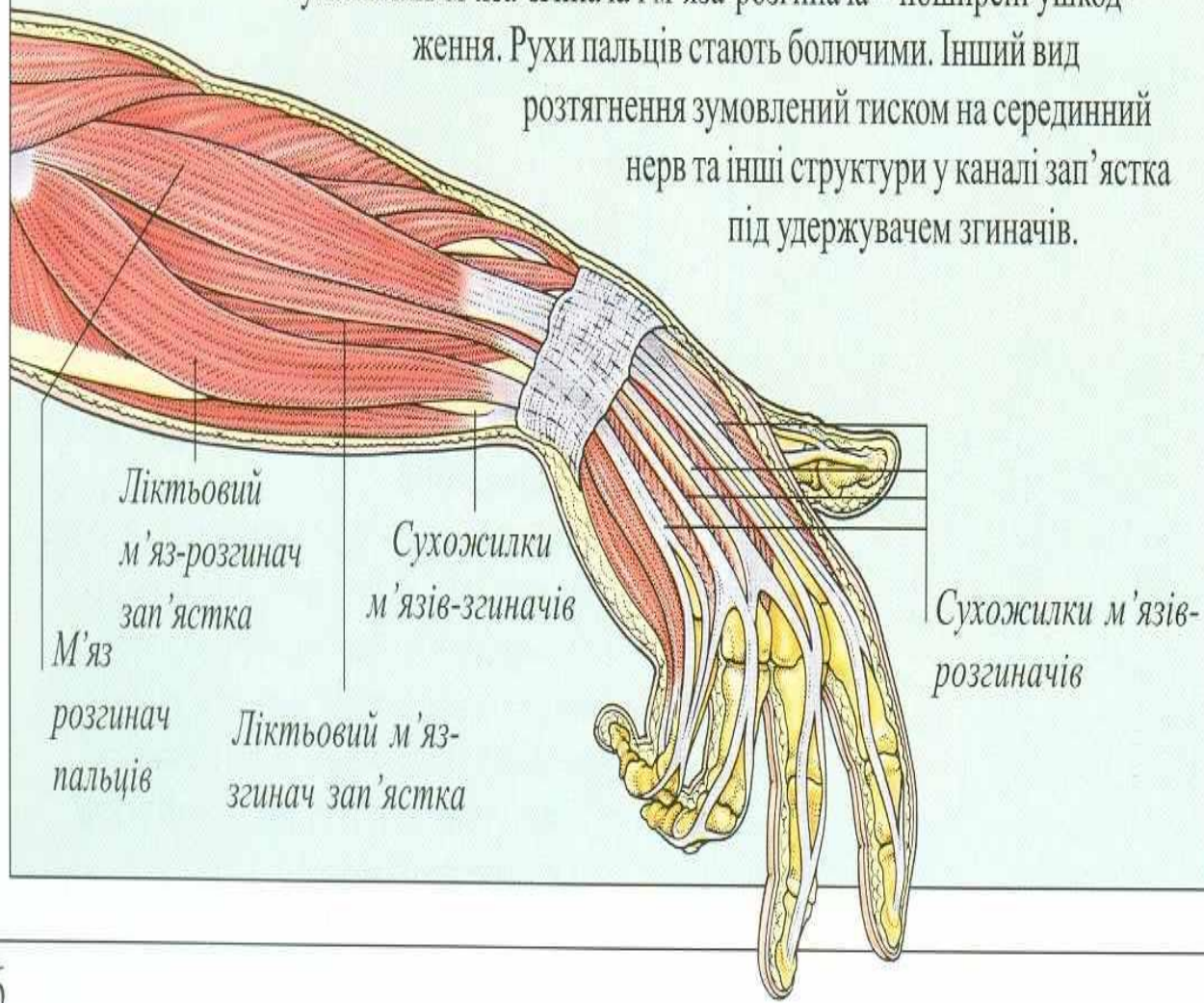
Через складність будови стопи часто ушкоджуються сухожилки. Біг, копання, незграбні чи складні рухи (наприклад, танець), а також тертя недопасованого взуття можуть спричинити запалення сухожилків. Симптоми: біль, набряк, обмеженість рухів.

Запалення



## РОЗТЯГНЕННЯ

Розтягнення – стан, спричинений одноманітними рухами, що виконуються в невідповідних положеннях частин тіла. Подразнення сухожилків м'яза-згинача і м'яза-розгинача – поширені ушкодження. Рухи пальців стають болючими. Інший вид розтягнення зумовлений тиском на серединний нерв та інші структури у каналі зап'ястка під удержувачем згиначів.

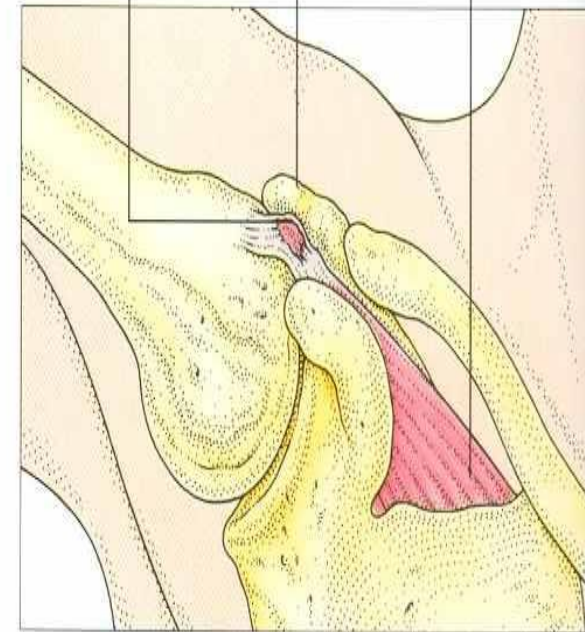


## Запалення

сухожилка  
надостьового  
м'яза

Акроміальний  
відросток  
лопатки

М'яз

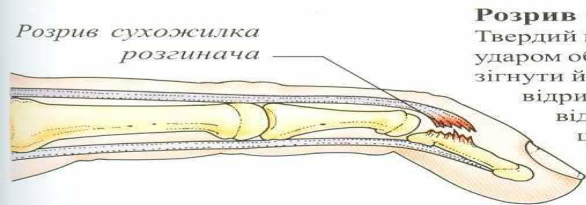


## Запалення сухожилка надостьового м'яза

Часте підіймання руки під час спортивних ігор з ракеткою зумовлює тертя сухожилка надостьового м'яза об акроміальний відросток лопатки і виникнення тендиніту.

## РОЗРИВИ СУХОЖИЛКІВ

Раптово сильне скорочення м'язів може спричинити значне ушкодження сухожилка і навіть його відрив від кістки. Внаслідок підймання великого вантажу, наприклад штанги, можуть розірватись сухожилки, двоголового м'яза плеча або основний сухожилок передньої частини стегна (сухожилок чотириголового м'яза).



**Розрив сухожилка пальця**  
Твердий предмет (важкий м'яч), ударом об кінчик пальця, може зігнути його вперед, спричиняючи відрив сухожилка розгинача від місця прикріплення. У цьому випадку потрібна іммобілізація пальця на декілька місяців або хірургічна корекція.

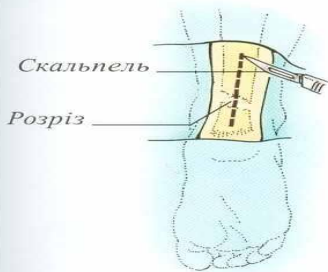
## ОПЕРАЦІЯ

### РОЗРИВ АХІЛЛОВА СУХОЖИЛКА

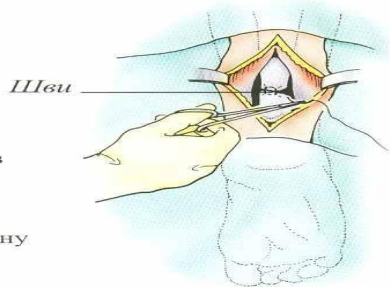
При надриві ахіллового сухожилка можливе загоєння за умови іммобілізації та фізіотерапевтичних процедур. Повний розрив потребує хірургічного втручання і тривалого періоду одужання (кілька місяців). Ахіллів сухожилок часто розривається у тенісистів у момент різкого підняття п'яти під час подачі. Високим є ризик такого розриву у спринтерів при раптовому скороченні литкового м'яза.

#### Локалізація сухожилка

Ахіллів сухожилок іде від основи литкового м'яза гомілки до п'яткової кістки. При розриві сухожилка хворий не може підняти п'яту.



**1** При розриві сухожилка хірург спочатку накладає джгут навколо стегна, щоб зменшити кровообіг у ушкодженій ділянці. Над місцем розриву він виконує розріз, який забезпечує доступ до відокремлених кінців сухожилка.



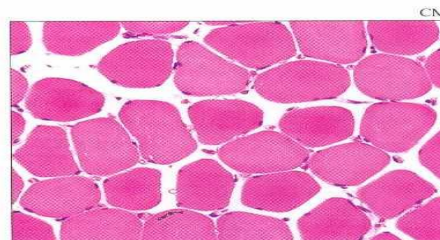
**2** Після видалення згустків крові та ушкодженої тканини зшивають кінці сухожилка. Для укріплення іноді використовують тканину інших сухожилків.

## М'ЯЗОВА ДИСТРОФІЯ

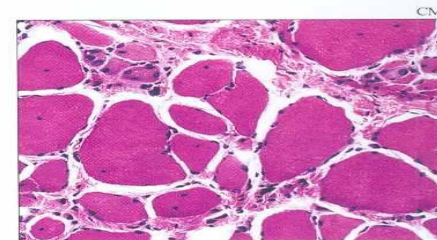
Термін "м'язова дистрофія" означає групу захворювань, зазвичай спадкових, при яких спостерігається швидка дегенерація скелетних м'язів. Основні симптоми: прогресуюча дегенерація м'язової тканини та втрата її функції. Ефективних методів лікування не існує. Однак вправи на зміцнення м'язів та операції з метою усунення стійкого скорочення м'язів і сухожилків можуть полегшити стан хворого.

### ДІАГНОСТИКА

Діагноз підтверджують за наявності у хворого симптомів та родинного анамнезу. Лабораторні дослідження – генетичний скринінг та аналіз крові з метою виявлення ферменту, що виділяється ушкодженим м'язом. Застосовують також біопсію м'яза та записують його електричну активність.



М'ЯЗОВІ ВОЛОКНА В НОРМІ



М'ЯЗОВІ ВОЛОКНА ПРИ ПАТОЛОГІЇ

### Біопсія м'язів

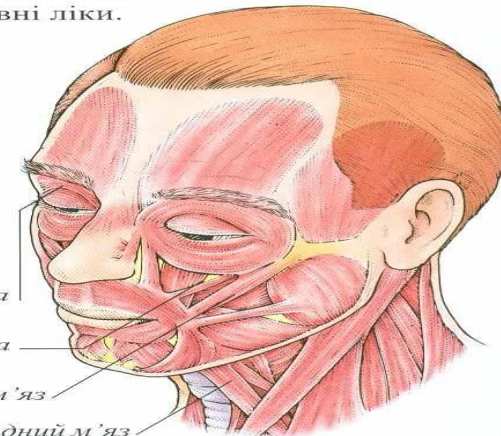
Шматочок тканини видаляють за допомогою спеціальної голки або скальпеля та досліджують під мікроскопом. На малюнку праворуч зображена дегенерація м'язових волокон, характерна для м'язової дистрофії.

## МІАСТЕНІЯ

Це автоімунне захворювання характеризується вираженою слабкістю та втомлюваністю м'язів. При цій патології в організмі утворюються антитіла, що поступово зменшують у м'язах кількість рецепторів, які забезпечують скорочення м'язів. Розвиткові захворювання сприяє порушення функції тимуса. Таким хворим зазвичай видаляють тимус і призначають імунодепресивні ліки.

### Ураження м'язів

Ранніми симптомами є двоїння в очах та опущення повік внаслідок слабкості м'язів лица. При ураженні певних м'язів порушуються жування та ковтання. Зміни можуть поширюватися на м'язи верхніх і нижніх кінцівок.

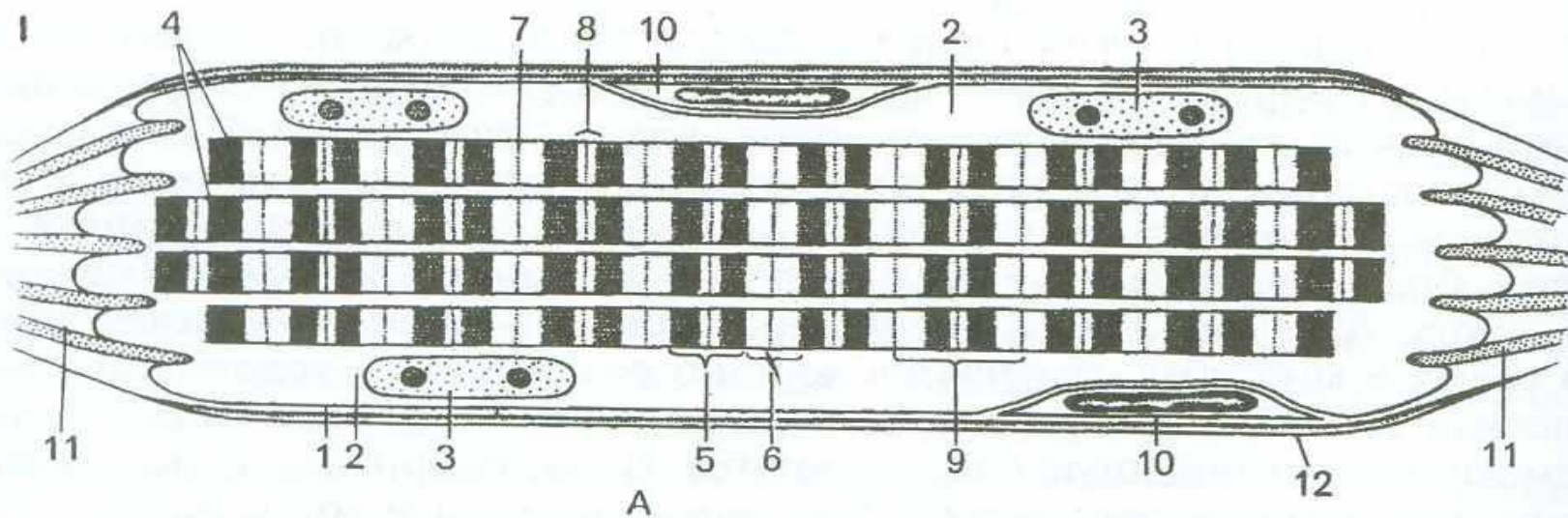


Коловий м'яз ока

М'яз-підіймач кута рота

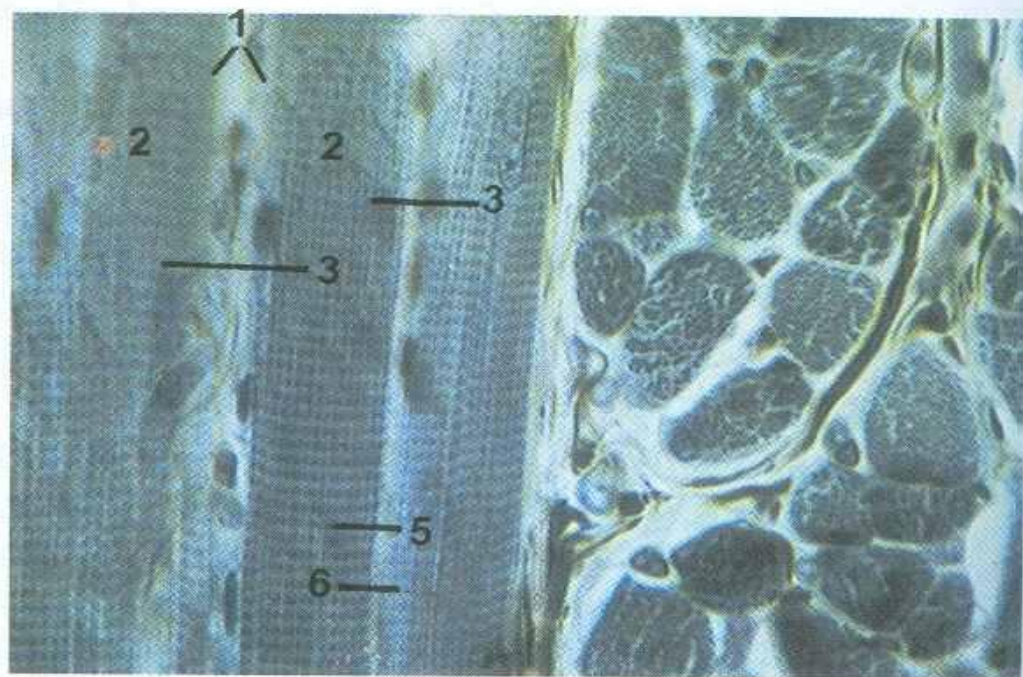
Вилічний м'яз

Грудинно-щитовидний м'яз

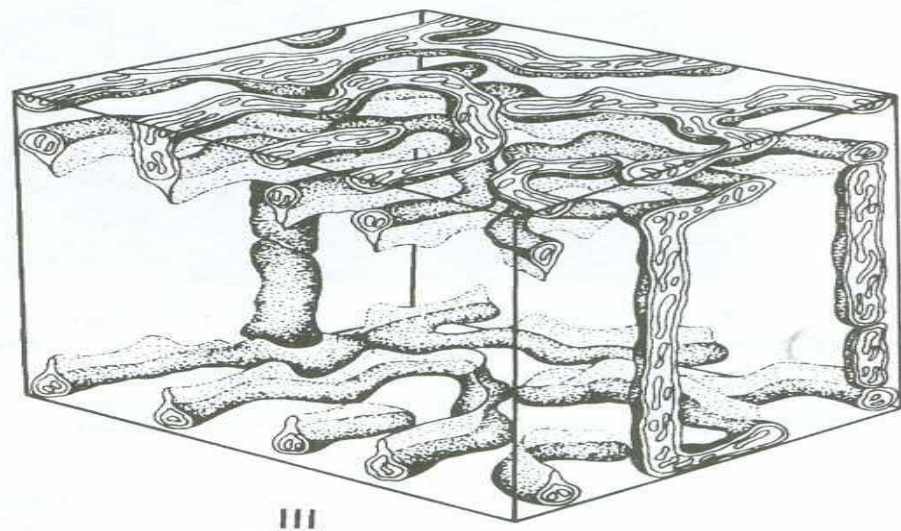
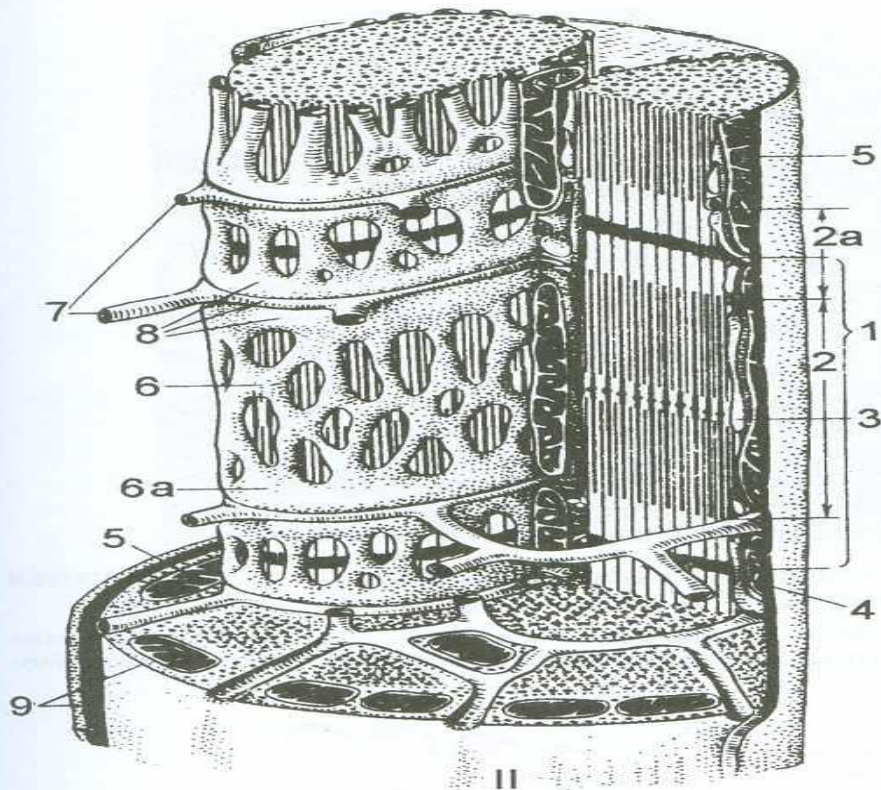


**Рис. 118.** Скелетное мышечное волокно (миосимпласт).

I — строение мышечного волокна на светооптическом уровне. А — схема, Б — микрофотография. 1 — плазмолемма; 2 — саркоплазма; 3 — ядра миосимпласта; 4 — миофибриллы; 5 — анизотропный диск (полоска А); 6 — изотропный диск (полоска I); 7 — телофрагма (линия Z); 8 — светлая зона (полоса H), в середине которой проходит мезофрагма (линия M); 9 — саркомер; 10 — миосателлитоцит; 11 — сухожильные волокна; 12 — базальная мембрана (по А. Н. Студитскому).



Б



**Рис. 118. Продолжение.**

II — схема ультрамикроскопического строения мио-симпласта (по Р. Кристичу с изменением). 1 — саркомер; 2 — анизотропный диск (полоска А); 2а — изотропный диск (полоска I); 3 — линия М (мезофрагма) в середине анизотропного диска; 4 — линия Z (телофрагма) в середине изотропного диска; 5 — митохондрии; 6 — саркоплазматическая сеть; 6а — конечная цистерна; 7 — поперечная трубочка (Т-трубочка); 8 — триада; 9 — сарколемма; III — схема пространственного расположения митохондрий в мышечном волокне. Верхняя и нижняя плоскости рисунка ограничивают анизотропный диск саркомера (по Л. В. Бакаевой, В. П. Скулачеву, Ю. С. Ченцову); IV — эндомизий. Сканирующая электронная микрофотография,  $\times 2600$  (препарат Ю. А. Хорошкова). 1 — мышечные волокна; 2 — коллагеновые фибриллы.



**Рис. 119.** Поверхностный участок миосимпласта и миосателлитоцит. Электронная микрофотография (препарат В. Л. Горячкиной и С. Л. Кузнецова).

1 — базальная мембрана; 2 — плазмолемма; 3 — ядро миосимпласта; 4 — ядро миосателлитоцита; 5 — миофибриллы; 6 — каналцы агранулярной эндоплазматической (саркоплазматической) сети; 7 — митохондрии; 8 — гликоген.

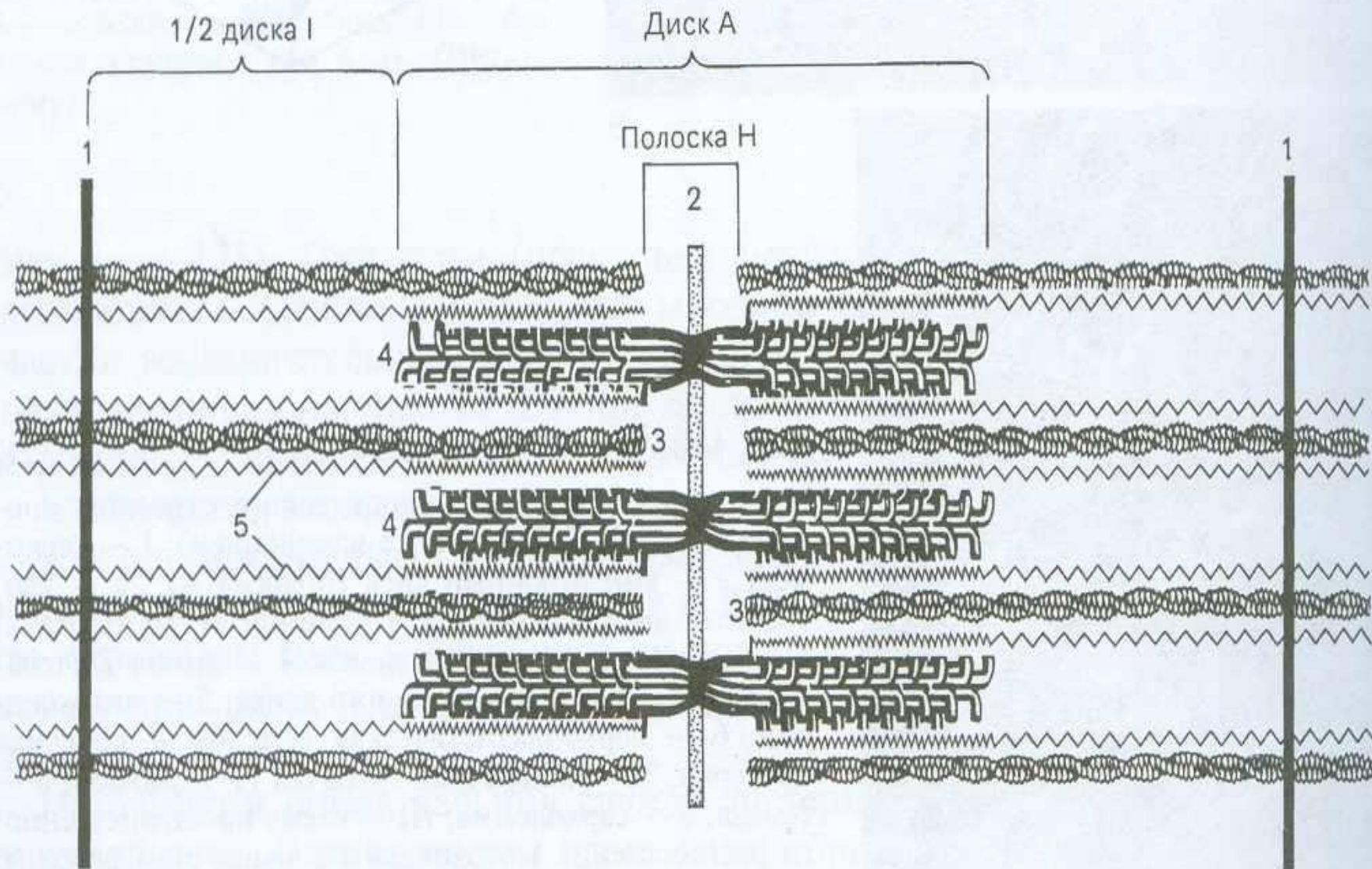
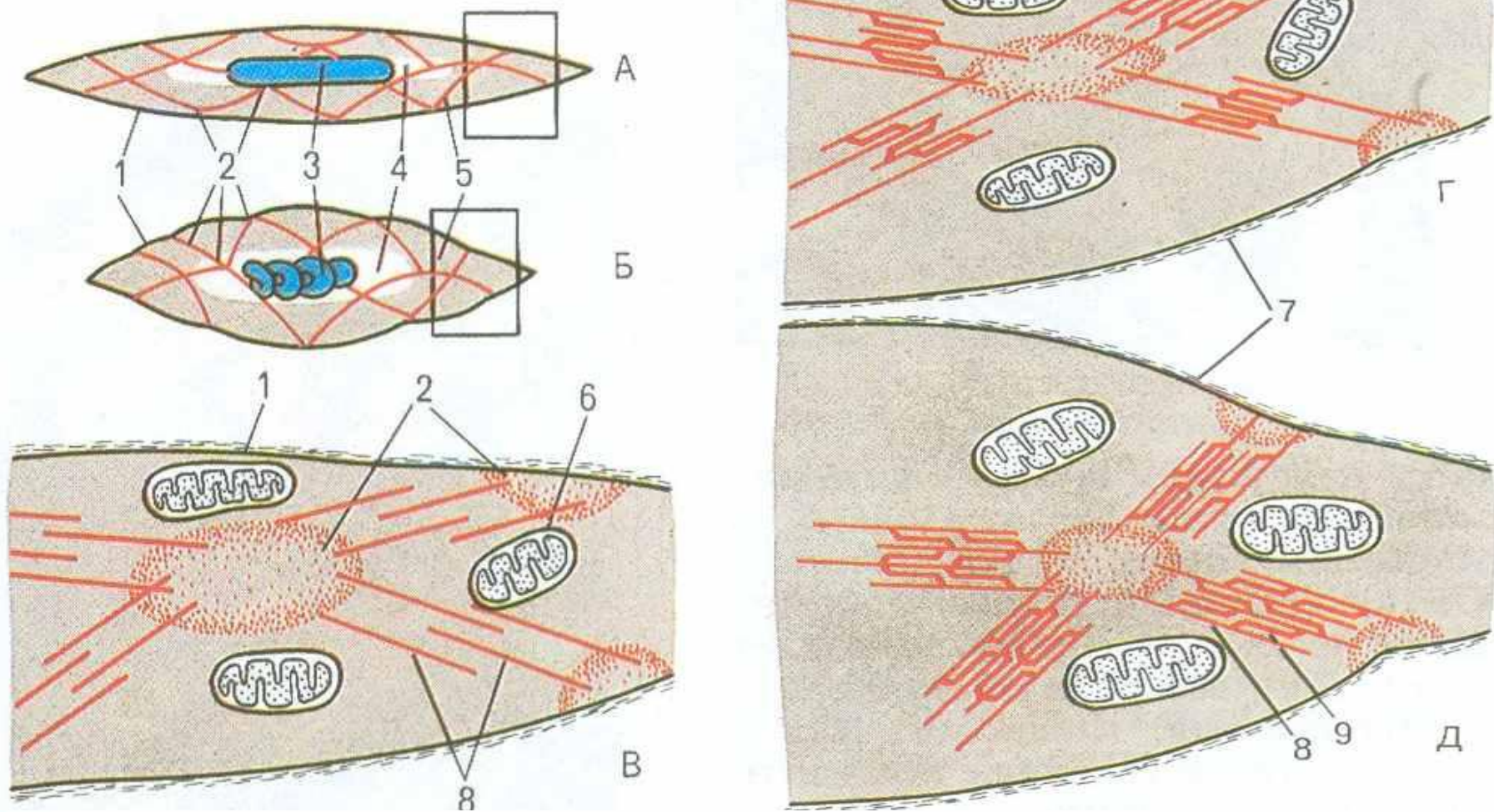


Рис. 120. Саркомер (схема).

1 — линия Z; 2 — линия M; 3 — филаменты актина; 4 — филаменты миозина; 5 — фибриллярные молекулы титина (по Б. Албертс, Д. Брей, Дж. Льюис и др., с изменениями).



**Рис. 125.** Строение гладкого (неисчерченного) миоцита (схема).

А, В — при расслаблении; Б, Д — при наибольшем сокращении; Г — при неполном сокращении. 1 — цитолемма; 2 — плотные тельца; 3 — ядро; 4 — эндоплазма; 5 — сократительные комплексы; 6 — митохондрии; 7 — базальная мембрана; 8 — актиновые (тонкие) миофиламенты; 9 — миозиновые (толстые) миофиламенты. В, Г, Д — увеличенные изображения участков, обведенных рамками на фрагментах А и Б.

# Мышца

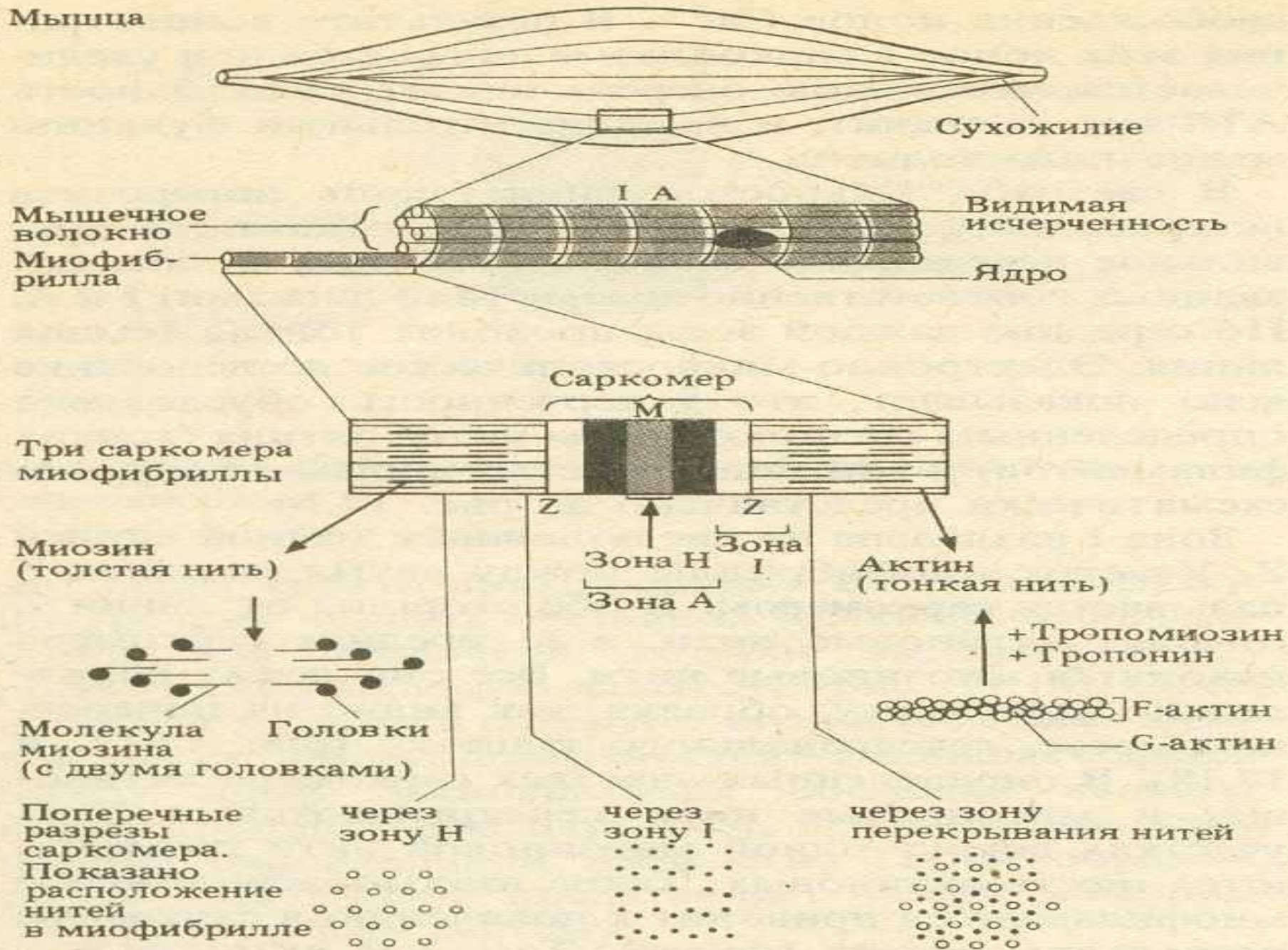
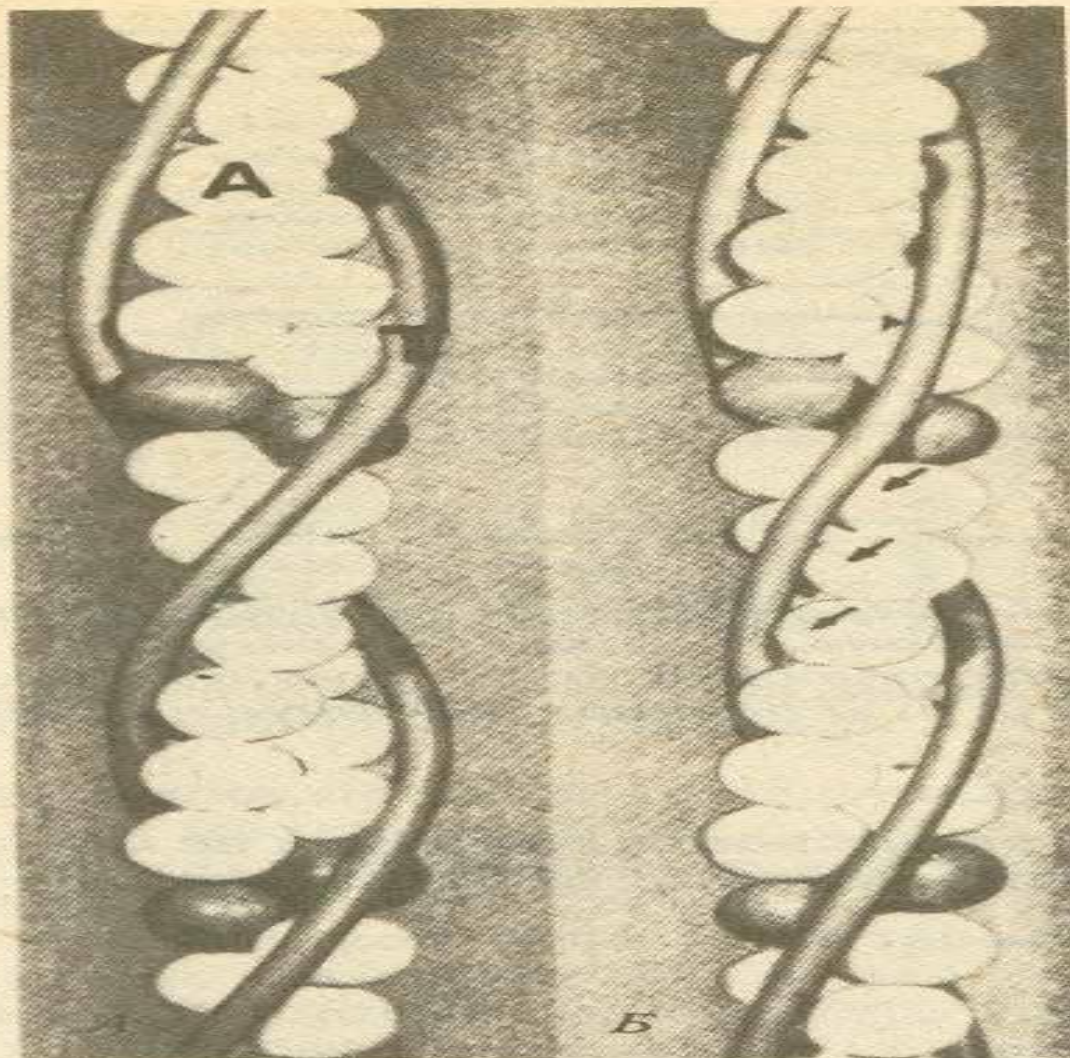


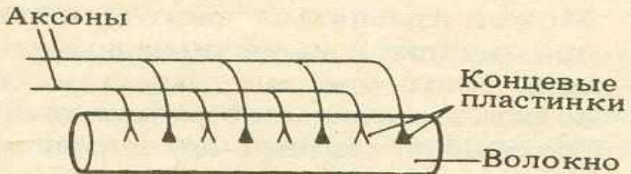
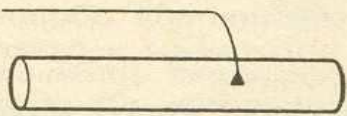
Рис. 17.16. Ультраструктура скелетного мышечного

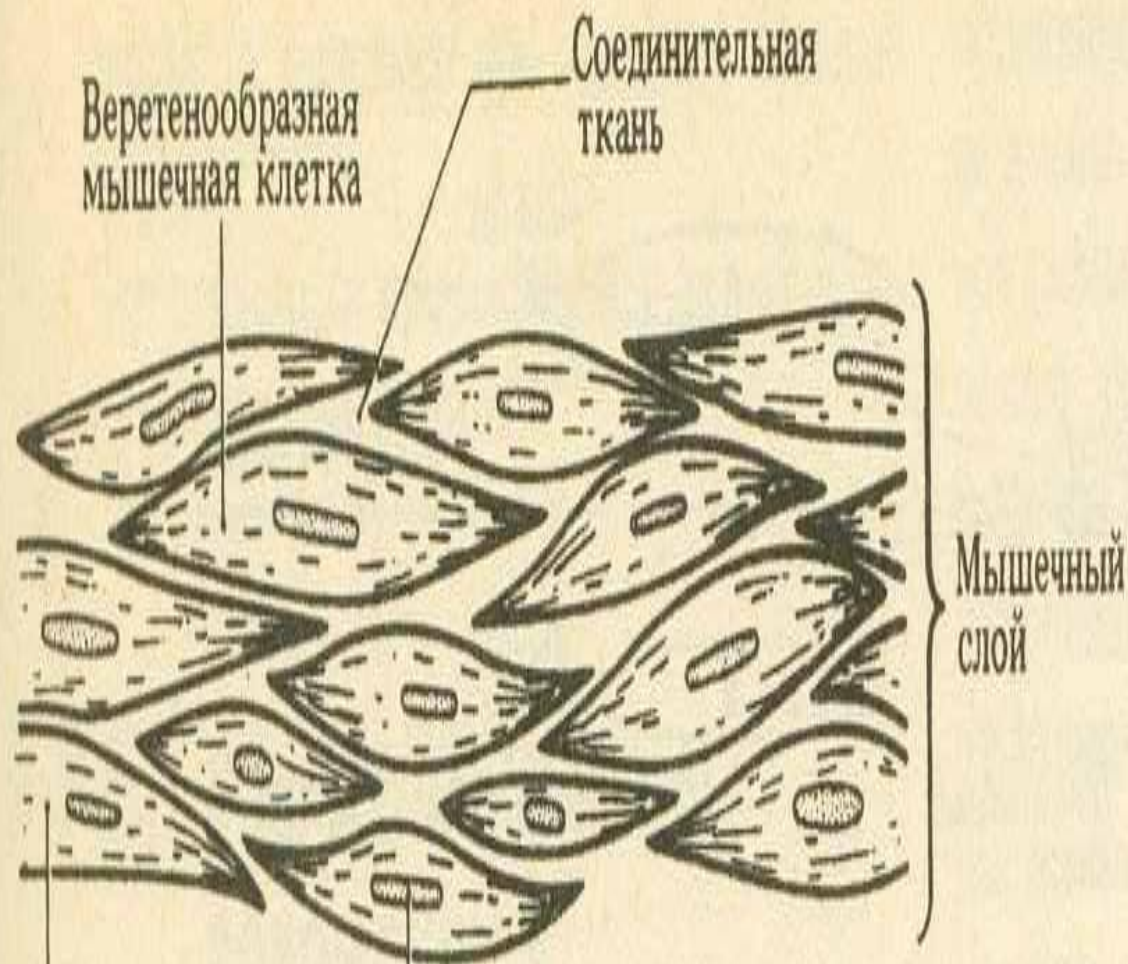




**Рис. 17.19.** Изменение структуры актиновых нитей. А. «Выключенное» состояние при низком уровне  $Ca^{2+}$ ; тропомиозин блокирует участки связывания миозина с актином. Б. «Включенное» состояние при высоком уровне  $Ca^{2+}$ ; тропомиозин смещается, обнажая участки связывания с миозином (указаны стрелками). А – актин; Т – тропомиозин. Тропонин не показан, он расположен ближе к субъединицам актина, изображенным серыми.

Таблица 17.4 Строение, локализация и общие свойства быстрых и медленных мышечных волокон

	Медленные (тонические) волокна	Быстрые (фазические) волокна
Строение	<p>Много митохондрий Саркоплазматический ретикулум развит слабо Красные — из-за присутствия миоглобина и цитохромовых пигментов Содержание гликогена невелико Тесный контакт волокон с капиллярами для ускорения обмена веществами</p>	<p>Мало митохондрий Саркоплазматический ретикулум хорошо развит Белые — миоглобина и цитохромовых пигментов мало или нет вовсе Обилие гликогеновых гранул</p>
Расположение	В глубоких слоях мышц конечностей	Ближе к поверхности
Иннервация	<p>Тонкие нервные волокна 5 мкм в диаметре На одном мышечном волокне несколько концевых пластинок (это называется мультитерминальной иннервацией)</p>	<p>Толстые нервные волокна 10—20 мкм в диаметре Обычно на одном мышечном волокне одна концевая пластинка (могут быть две)</p>
		
Возбудимость	<p>Скорость проведения импульса 2—8 м · с<sup>-1</sup> Мембрана не обладает электрической возбудимостью. Каждый импульс приводит к высвобождению лишь небольшого количества ацетилхолина. Таким образом, степень деполяризации мембраны зависит от частоты стимуляции</p>	<p>Скорость проведения 8—40 м · с<sup>-1</sup> Мембрана обладает электрической возбудимостью. Когда возникает потенциал действия, развивается ответ типа «всё или ничего»</p>
Тип ответа	Медленное градуальное сокращение. Медленное расслабление (приблизительно в 100 раз медленнее, чем у быстрых волокон)	Быстрое сокращение (в три раза быстрее, чем у медленных волокон). Довольно быстрое утомление
Физиологическая активность	<p>Источник АТФ — аэробное дыхание Многие волокна при недостатке O<sub>2</sub> продолжают работать за счет анаэробного гликолиза; в этом случае образуется молочная кислота и создается кислородная задолженность По мере окисления дыхательного субстрата мобилизуются резервные углеводы и жиры Тепло отводится от мышцы по мере его выработки</p>	<p>Источник АТФ — анаэробные процессы (гликолиз) Быстро создается кислородная задолженность</p>
Функция	<p>Устанавливается равновесие между работой мышцы и ее потребностями Обеспечивают длительное сокращение мышцы; это используется для поддержания позы</p>	<p>В качестве дыхательного субстрата интенсивно используется гликоген Тепло поглощается волокнами, так как кровеносная система не обеспечивает его быстрого отведения Мышца некоторое время сокращается и тогда, когда кровеносная система не успевает обеспечить дополнительную доставку кислорода Обеспечивают немедленное быстрое сокращение, когда кровеносная система еще только приспосабливается к новому уровню мышечной активности; поэтому очень важны при локомоции</p>



Слабая исчерченность за счет нитей актина

Ядро

Рис. 17.27. Гладкая мышца позвоночного.

## Таблица 16.14. Физиологические эффекты адреналина и норадреналина

---

---

Расширяют зрачки

Заставляют волосы вставать дыбом

Расширяют бронхиолы, улучшая таким образом легочную вентиляцию

Угнетают перистальтику и пищеварение

Препятствуют сокращению мочевого пузыря

Увеличивают силу и частоту сокращений сердца

Вызывают генерализованное сужение кровеносных сосудов

Повышают кровяное давление

Стимулируют превращение гликогена в глюкозу в печени

Снижают пороги реакции органов чувств

Повышают настороженность

---

---